

DIGITALISATION D'IMAGES ET ANALYSE DES MATERIAUX LITHIQUES

par Shannon McPHERRON (*)

ABSTRACT

Image digitization is a computer technique that will help archaeologists quantify aspects of lithic variability that are presently difficult to address. The technique is immediately applicable, for instance, to investigations of morphological variability within and between recognized tool types and to detailed studies of retouched edge shapes. This article reviews a few of the hardware, software and an example application using Palaeolithic bifaces.

1. INTRODUCTION

La digitalisation d'image est une technique informatique qui peut aider les archéologues à quantifier certains aspects de la variabilité lithique qui actuellement sont difficiles à cerner. Il existe déjà des exemples de ces applications dans l'analyse des traces d'utilisation des pièces lithiques (Grace *et al.* 1985; Newcomer *et al.* 1986; Rees *et al.* 1988; Newcomer *et al.* 1988; Grace 1989) mais il existe beaucoup d'autres voies où la digitalisation pourrait être employée avec profit pour l'analyse des artefacts. Cette technique est immédiatement utilisable, par exemple, pour les recherches sur la variabilité morphologique interne et externe des types d'outils ou encore pour des études détaillées de formes des bords retouchés. Cet article présente le matériel et les logiciels qui doivent être mis en oeuvre avant de tenter d'appliquer la digitalisation aux analyses lithiques. Puis, un exemple sur des bifaces illustre quelques uns des apports de l'application de cette technique à l'étude des outils lithiques.

2. DEFINITION

La digitalisation d'un artefact est l'action de traduire sa représentation visuelle en nombres. Ces nombres sont généralement des coordonnées et des valeurs représentées par des couleurs pour chaque coordonnée. L'artefact est converti en une suite de nombres par superposition d'une grille à deux dimensions sur l'image d'un objet et par la mesure de la couleur de chaque point de la grille (fig.1). Dans cet article, le nombre ou la densité des points de la grille (pixels) est appelé la résolution spatiale de l'image digitalisée et le nombre de couleurs possibles utilisables de chaque point est appelé la résolution des couleurs.

3. CONSIDERATIONS SUR LE MATERIEL DE DIGITALISATION

Il existe deux types de matériel pour digitaliser les scanners et les caméras vidéo, chacun d'eux touche des types d'applications pour lesquels ils sont adaptés. Les scanners, par exemple, digitalisent les images tandis que les caméras vidéo distinguent des milliers de couleurs. Les scanners, qui ressemblent à des photocopieurs, sont parfaits pour des documents plats comme des cartes, des textes et des photographies. Une caméra vidéo, cependant, peut digitaliser n'importe quel objet placé devant l'objectif, rendant ce système très bien adapté pour les objets en trois dimensions. Dans les applications impliquant l'archivage d'images d'artefacts, la qualité d'image globale est une considération fondamentale. Comme il est également possible de prendre des mesures des images digitalisées. La précision est donc un aspect important. L'unité de mesure la plus petite dans une image digitalisée est un simple pixel. La précision est donc égale à la longueur et la largeur d'un pixel. En augmentant le nombre de pixels d'une image, par l'augmentation de la résolution spatiale, la dimension de chaque pixel décroît et la précision de la mesure s'affine.

Par exemple, un scanner moyen digitalise une image en utilisant une grille formée de 300 rangées et colonnes pour chaque inch (2,54 cm). La distance représentée par chaque pixel est inférieure à 0,1 mm; la précision de la mesure dépasse 0,1 mm. Le calcul de la précision d'un système vidéo, à partir de la caméra, est compliqué. Comme avec les scanners, la résolution spatiale d'un système vidéo donné n'est pas variable. Cependant, par le réglage de la distance entre la caméra et l'objet ou par le réglage de la longueur focale sur l'objectif, l'échelle de l'objet peut être continuellement modifiée. Quand, par exemple, un objet est placé proche de l'objectif, 100 pixels peuvent faire 1 cm, et la précision de la mesure sera égale à 0,1 mm. Quand le même

(*) University of Pennsylvania, Department of Anthropology, 325 University Museum, 33rd and Spruce streets, Philadelphia PA 19104-6398, USA.

objet est placé plus près de l'objectif, 10 pixels peuvent être égaux à 1 cm et la précision de la mesure sera seulement égale à 1 mm. Avec le système vidéo, la précision est optimisée quand la caméra est réglée pour agrandir l'artefact jusqu'à atteindre les limites de la grille. Un artefact de 10 cm de long, par exemple avec une résolution spatiale de 520 colonnes sur 400 lignes peut être mesuré avec une précision approchant les 0,2 mm.

D'autres facteurs sont également importants dans le choix d'une caméra vidéo pour digitaliser les artefacts. Par exemple, beaucoup de caméras enregistrent les images sur cassette vidéo. Ces caméras sont adaptées spécifiquement à une utilisation en liaison avec des téléviseurs et des magnétoscopes. Elles utilisent une résolution spatiale inférieure, ne possèdent pas des objectifs multiples et sont difficiles à régler manuellement. Comme sur beaucoup de caméras, trop d'automatismes compliquent potentiellement le contrôle de variables importantes comme l'éclairage, la mise au point et la longueur de focale. Cependant, celles-ci offrent l'avantage d'être capables d'enregistrer les images qui peuvent être vues et digitalisées plus tard quand l'équipement informatique est disponible.

Quand l'équipement matériel est en permanence

accessible, les caméras vidéo consacrées spécifiquement à la digitalisation d'images sont préférables. Elles sont fabriquées pour être compatibles avec la résolution spatiale des cartes de digitalisation d'images, acceptant un large assortiment d'objectifs et leur réglage est totalement manuel.

Deux caméras vidéo ont été utilisées pour digitaliser les artefacts pour cet article. La caméra de terrain est une JVC GR-S55 camcorder. En terme de qualité d'objectif, de fonction d'enregistrement et de caractéristiques, la JVC camcorder est semblable à beaucoup de caméras vidéo utilisées pour un usage familial. Ce modèle particulier utilise un format d'enregistrement qui est prêt du double de la résolution spatiale des caméras vidéo normales et dépassant légèrement les standards de la télévision nord-américaine (520 colonnes sur 400 lignes). La caméra de laboratoire est une JVC TK-870U avec un zoom Fujinon TV. La carte de digitalisation dans l'ordinateur est une AT&T TARGA 16 qui fonctionne sur IBM AT et compatibles. Cette carte digitalise des images vidéo de 520 colonnes et de 400 lignes avec une palette de 32768 couleurs. Le temps nécessaire pour digitaliser une image est de 1/30 de seconde (cf Mc Pherron et Dibble, 1987 pour plus de spécifications techniques sur le matériel).

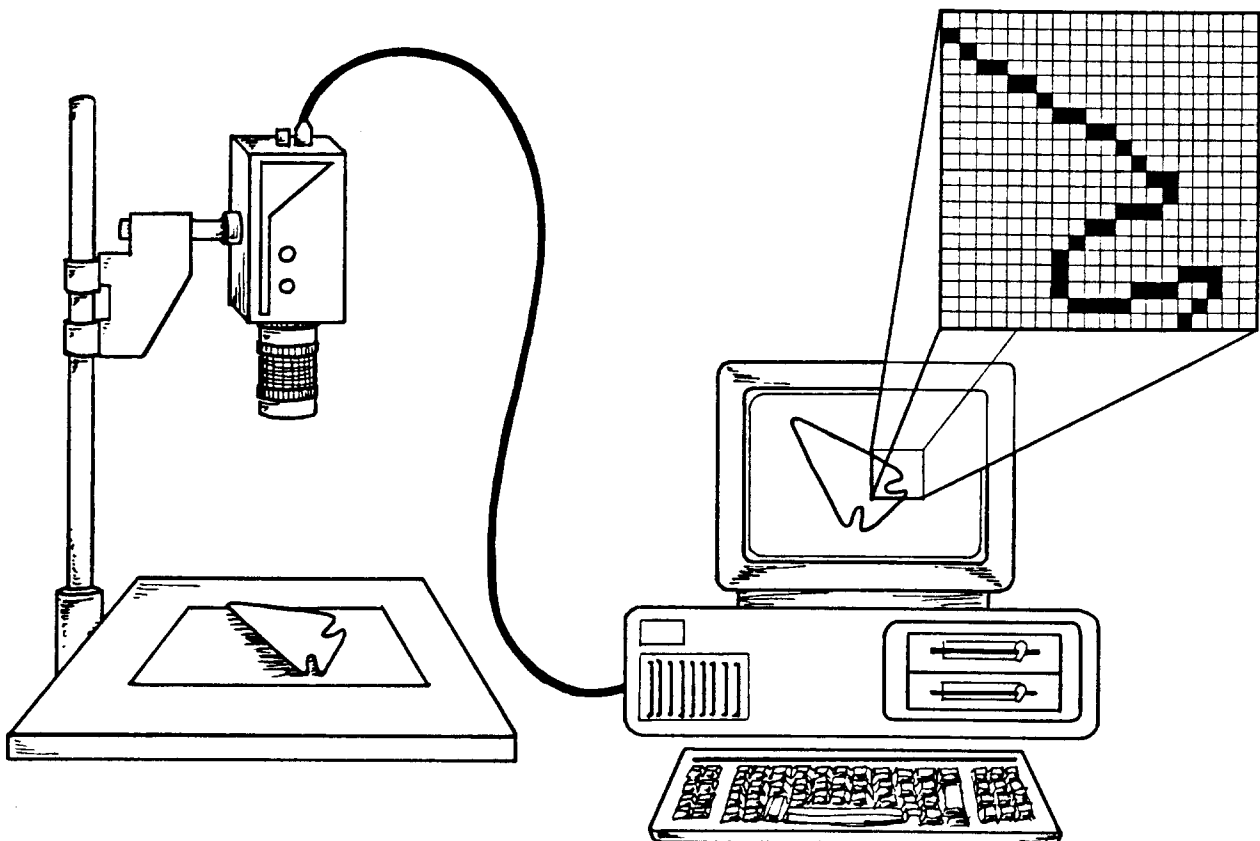


Fig. 1 : Un artefact est placé sous une caméra qui est connectée à une carte de digitalisation dans un ordinateur. Une fois l'image vidéo digitalisée, elle est affichée sur l'écran. L'image de l'objet consiste en une grille de pixels. La couleur de chaque pixel de l'image représente la couleur de l'objet au point correspondant.

Les logiciels de digitalisation d'images

Un logiciel est nécessaire pour contrôler le système vidéo ou le scanner et pour analyser les images digitalisées. La disponibilité de ce logiciel dépend de la complexité et de la spécificité de l'application. Des logiciels pour digitaliser, stocker uniquement et appeler les images des objets, utilisant une structure de base de données, sont disponibles dans le commerce. Les logiciels d'analyse d'images digitalisées sont un peu plus complexes et moins disponibles. Comme c'est souvent le cas, les archéologues trouvent des programmes écrits pour des applications dans des autres secteurs qui peuvent être modifiés pour l'archéologie. Ces programmes doivent au minimum être capables de localiser automatiquement et manipuler des zones dans les images digitalisées. Un des problèmes fréquents dans l'analyse d'artefacts à partir d'images digitalisées est que souvent, beaucoup de données inutiles doivent être ignorées durant l'analyse. Une image d'un artefact par exemple, inclura des pixels avec des valeurs de couleur qui ne correspondent pas à l'artefact mais au fond qui est derrière lui. Dépendant de la nature de l'artefact et du fond, le processus d'évaluation de classement de la couleur de chaque pixel dans l'image peut être très complexe. Des images à fort contraste comme celles de dessins d'artefacts et d'artefacts éclairés par l'arrière sont distinguées de leur fond par l'intensité de leur couleur (Goodson, 1989). Les couleurs claires représenteront le fond tandis que les couleurs sombres représentent l'artefact. Cette méthode est très sûre pour les contours d'objets. Mais il est difficile d'analyser relativement les caractéristiques foncées dans l'intérieur de l'artefact. L'inversion du contraste par des objets clairs et lumineux sur des fonds sombres, aboutit à projeter des ombres confuses pour le programme qui réagit seulement sur des intensités de couleur. Une image digitalisée d'un artefact, contre un fond d'une couleur solide peut aussi être isolée par l'examen des nuances de couleur. Cette méthode, en fait un peu moins sûre, est préférable parce que l'éclairage peut être utilisé pour souligner finement les caractéristiques de l'artefact comme les arrachements. Une ombre projetée par l'artefact qui aura trompeusement une intensité plus basse de couleur, aura cependant la même valeur que le fond et ainsi sera ignorée.

En dépit de la complexité de la tâche, un programme utilisé sur un ordinateur standard et bon marché, peut trier une image digitalisée d'un artefact contenant plus de 200 000 pixels et isoler le bord de l'artefact en moins de 2 secondes. Dépendant du pourcentage de l'image occupé par l'artefact et de la forme de l'artefact, un bord

peut être constitué par des milliers de points. Alors que le réglage de l'éclairage de l'image et du fond peut demander un certain temps, l'analyse de base de l'image peut produire des milliers de mesures par seconde. L'interprétation de ces mesures prises à partir d'images digitalisées nécessite une échelle exprimant le nombre de pixels égal à une distance donnée. Avec la méthode vidéo de digitalisation, en théorie, il est possible de calculer une échelle donnée par la focale d'objectif et la distance entre la caméra et l'artefact. Il est cependant plus simple de digitaliser une échelle avec chaque artefact. La longueur de l'échelle en pixels peut être calculée une fois que le bord de l'échelle est localisé utilisant la méthode décrite pour les artefacts. La longueur actuelle de l'échelle, une fois donné le nombre de pixels par unité de distance, est un simple calcul de proportion. Inclure une échelle avec chaque image d'artefact peut être cependant plus difficile pour un programme que de distinguer l'échelle de l'artefact lui-même. Il est préférable de digitaliser l'échelle séparément de l'artefact une fois que la caméra est réglée pour obtenir la meilleure image d'artefact. Néanmoins, les échelles photographiques traditionnelles comme une alternance de rectangles blancs et noirs, une fois localisés dans l'image, sont difficiles à interpréter. Le programme doit repérer les points qui correspondent aux bords de l'unité rectangulaire de l'échelle et déterminer le nombre de pixels égal au bord le plus long.

Une autre méthode pour déterminer l'échelle de l'image est décrite dans Dibble et McPherron (1988). L'échelle consiste en un cercle noir de forts contrastes sur fond blanc. Des échelles circulaires sont plus faciles à utiliser car, sans tenir compte de leur orientation, la ligne horizontale la plus longue traversant le cercle est égale à son diamètre. A l'aide d'une méthode relativement simple, le programme examine chaque rangée de l'image digitalisée pour déterminer le nombre de colonnes de la plus longue section du cercle. Il peut aussi suivre la même procédure pour chaque colonne de l'image et de ce fait déterminer le nombre de rangées égales au diamètre vertical du cercle. Connaissant le diamètre du cercle d'un centimètre par exemple, le programme peut calculer le nombre de colonnes et de rangées égal à un centimètre.

Idéalement, le rapport de distance entre deux colonnes et la distance entre deux rangées, c'est à dire le rapport d'aspect, devrait être égal à 1. En pratique cependant, ce n'est pas souvent le cas. Les rapports d'aspect de la caméra peuvent varier de manière importante. De plus, l'objectif peut causer une distorsion de l'image. Ces effets combinés peuvent affecter de manière significa-

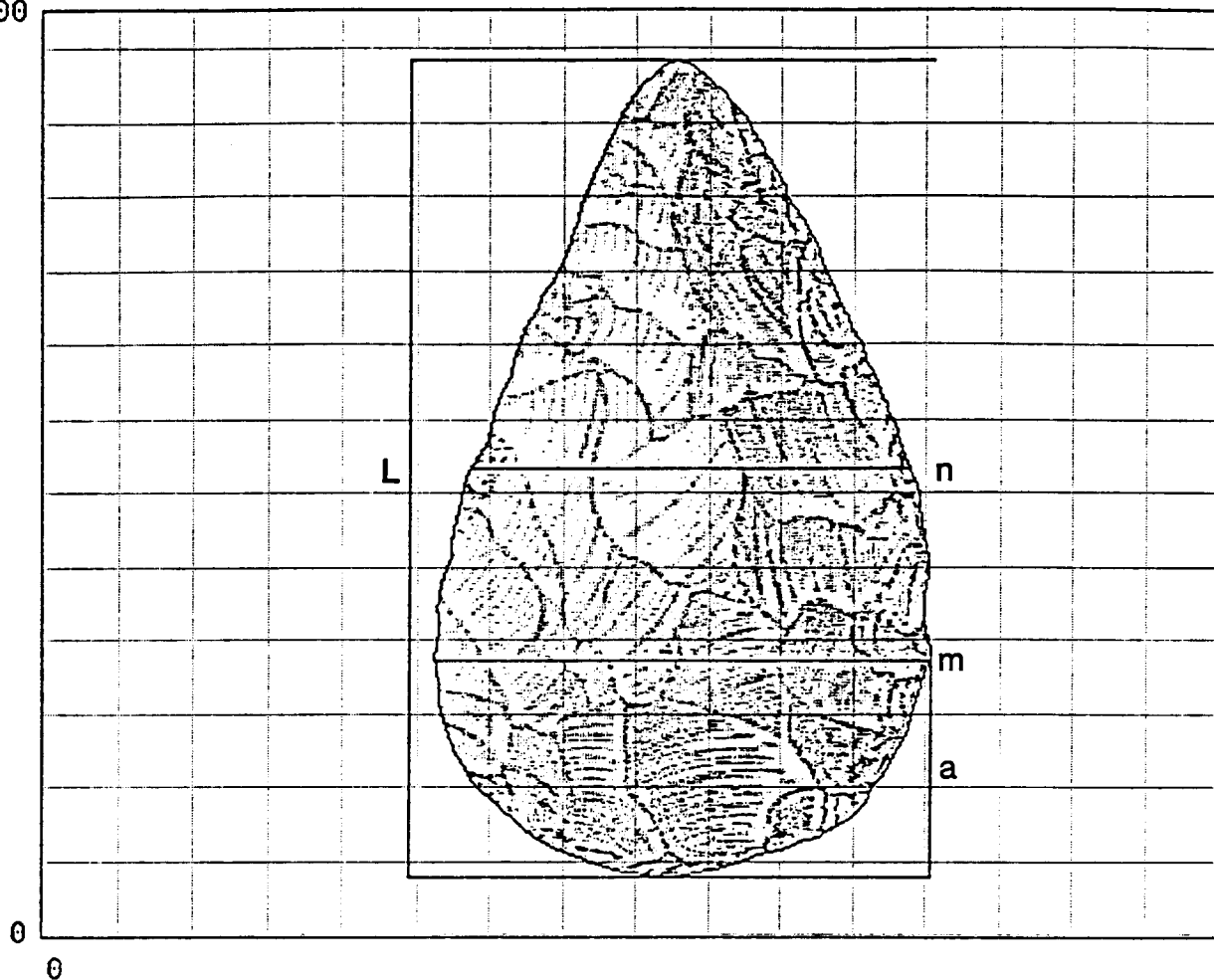


Fig. 3 : Les mesures des bifaces selon Bordes longueur (L), largeur moyenne (n), largeur maximum (m) et longueur de la largeur maximum (a) sont automatiquement calculées à partir d'une image digitalisée d'un biface n° 7, planche 61. L'image digitalisée est imprimée avec une imprimante laser.

largeur maximum (m), par exemple, la gauche et la droite, les points gauche et droit du tranchant sont comparés avec chaque rangée de l'image (fig. 3). Le numéro de la rangée de la largeur maximum par rapport à la longueur est égal à la distance entre la largeur maximum et la base du biface (a). Les points du tranchant de la rangée du milieu sont utilisés pour calculer la largeur à la mi-hauteur (n). De plus, la détermination de la largeur au cinquième de la longueur à partir du bout entraîne le calcul du numéro de la rangée correcte et cherche la différence entre la gauche et la droite du point du tranchant de la même rangée. La longueur du biface (L) est égale à la rangée du haut de l'image moins la dernière rangée. Tous ces nombres sont bien sûr ajustés avec l'échelle préalablement déterminée.

Le traitement statistique et mathématique des mesures prises à partir des images digitalisées assure un bon niveau de fiabilité. Cependant, tandis que beaucoup de mesures de Roe donnent une représentation plus détaillée de la morphologie du biface que ne le font les mesures de Bordes, le même type de mesures prises à partir

des images digitalisées est limité seulement par le nombre de rangées de l'image. Pour accroître le nombre de mesures, il est possible par exemple d'analyser les formes des bords entiers (Gero et Mazzullo, 1984; Wynn et Forrest, 1990).

Certains types de mesures pourraient être aussi précis que faits à partir des images digitalisées. La surface d'un objet par exemple est souvent rapidement estimée en utilisant le produit de la largeur maximum par la longueur. Une meilleure précision est obtenue par le traçage du bord de l'objet sur une feuille quadrillée et par le décompte des nombres de carrés inclus dans les contours. Les carrés non complets sont estimés. L'augmentation du nombre de lignes de la grille accroît la précision de la mesure. L'image digitalisée utilisant un système vidéo standard aura 512 colonnes sur 400 rangées. Pour un objet digitalisé avec une échelle de 100 colonnes ou rangées pour 1 cm, l'aire de chaque pixel de l'image sera égale à 0,1 mm². Un programme peut trouver et compter les pixels du contour de l'image qui peut être au total proche de 200000 pour

donner le calcul de la surface en moins de 2 secondes. De plus, des aires à l'intérieur des bords de l'artefact comme, par exemple, le cortex peuvent être facilement calculées.

Considérations finales

Grâce à la digitalisation d'images, un logiciel peut calculer automatiquement différents types de mesures qui viennent d'être décrites. Mais cependant certaines ne peuvent être faites automatiquement. Il est difficile d'imaginer par exemple un programme capable de localiser et de mesurer la longueur, les contours et l'envahissement de chaque retouche d'un outil. Il semble aussi difficile qu'un logiciel puisse déterminer l'orientation des enlèvements, simplement par l'examen à travers une image en deux dimensions d'un artefact. Il serait plus facile de faire les mêmes mesures de manière moins automatique mais plus interactive. Pour mesurer les bords retouchés, une image digitalisée est affichée sur un écran d'ordinateur et le bord de chaque retouche est marqué par un pointeur, comme une souris. Les bords sont manuellement marqués, un programme peut alors automatiquement calculer la longueur, la largeur, la surface de la retouche, comme il le ferait pour un artefact entier. Pour mesurer l'orientation des enlèvements, une ligne est surimposée sur l'image de l'enlèvement utilisant l'artefact comme un guide, comme cela peut être réalisé lors de dessins manuels. Dans ce cas, l'avantage premier de l'utilisation de l'image digitalisée est que les segments de la ligne sont immédiatement disponibles pour l'analyse. Par exemple, un programme peut rapidement calculer l'angle de chaque enlèvement par rapport aux autres, le bord, ou même une ligne arbitraire comme un axe de percussion.

4. CONCLUSION

Le matériel nécessaire pour digitaliser une image est disponible dans le commerce, relativement peu coûteux et compatible avec des micro-ordinateurs. Les logiciels de base pour opérer la digitalisation et pour stocker et manipuler les images sont aussi peu coûteux et facilement disponibles. La digitalisation d'images ne remplace pas les méthodes de mesures traditionnelles de la variabilité lithique. Pour les mesures de base comme la longueur, la largeur, l'épaisseur, le pied à coulisse est suffisant. Néanmoins, pour beaucoup d'autres types de mesures, la digitalisation d'images offre des résultats précis et fiables qui seraient beaucoup plus difficiles à obtenir d'une autre manière.

Remerciements :

Je voudrais remercier le Dr Harold Dibble pour la mise à disposition de l'équipement mentionné dans cet article ainsi que pour les milliers de lignes de programmes et pour le partage généreux de ses idées. Je remercie aussi Amy Zoll pour son aide dans les dessins.

Traduction : Jean-Luc MARCY, Archéologue Départemental du Pas-de-Calais

BIBLIOGRAPHIE

- BORDES F. (1961) - Typologie du Paléolithique ancien et moyen. *Public. Inst. Préhist. Univ. Bordeaux*, mém. n°1, 2 vol., 85 p., 11 fig., 108 pl.
- DIBBLE H. et McPHERRON Sh. (1988) - On the Computerization of Archaeological Projects. *Journal of Field Archaeology*, 15, p. 431-440.
- FRYER J. G. et BROWN D.C. (1986) - Lens distortion for close-range photogrammetry. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 1, p. 51--58.
- GERO J. et MAZZULLO J. (1984) - Analysis of Artifact Shape Using Fourier Series in Closed Forms. *Journal of Field Archaeology*, 11 (3), p. 315-322.
- GOODSON K. J. (1989) - Shape Information in an artefact Database in Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (S. Rahtz and J. Richards ed.). *BAR Internat. Series* 548, p. 349-361.
- GOSHTASBY A. (1989) Correction of Image Deformation from Lens Distortion Using Bezier Patches. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 47, p. 385--394.
- GRACE R. (1989) Interpreting the Function of Stone Tools: The quantification and computerisation of microwear analysis. *BAR International Series* 474.
- GRACE R., GRAHAM I.D., et NEWCOMER M.H. (1985) - The Quantification of Microwear Polishes. *World Archaeology*, 17, p. 112-120.
- McPHERRON Sh. et DIBBLE H.L. (1987) - Hardware and Software Complexity in Computerizing Archaeological Projects. *Advances in Computer Archaeology*, 4, p. 25-40.
- NEWCOMER M.H. GRACE R. et UNGER-HAMILTON R. (1986) - Investigating Microwear Polishes with Blind Tests. *Journ. of Archaeological Science*, 13, p. 203-217.
- NEWCOMER M.H. GRACE R. et UNGER-HAMILTON R. (1988) - Microwear Methodology: A Reply to Moss, Hurcombe and Bamforth. *Journ. of Archaeological Science*, 15, p. 25-33.
- REES D., WILKINSON G.G., ORTON C.R. et GRACE R. (1988) - Fractal analysis of digital images of flint microwear. *Computer and Quantitative Methods in Archaeology* (S. P. Rahtz ed.), p. 177-183.
- ROE D. A. (1964) - The British Lower and Middle Palaeolithic: Some Problems, Methods of Study and Preliminary Results. *Proc. Prehist. Soc.*, 30, p. 245-67.
- ROE D. A. (1968) - British Lower and Middle Paleolithic Handaxe Groups. *Proc. Prehist. Soc.*, 34, p. 1-82.
- WYNN Th. et FORREST T. (1990) - Regional Comparison of the Shapes of Later Acheulean Handaxes. *American Anthropologist*, 92, p. 73-84.